

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ İÇİN
ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLERLE

KÖPRÜ HİDROLİĞİ

Galip SEÇKİN

© Copyright 2020

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN

978-625-710-616-0

Kitap Adı

Köprü Hidroliği

Yazar

Galip SEÇKİN

Yayın Koordinatörü

Yasin Dilmen

Sayfa ve Kapak Tasarımı

Akademisyen Dizgi Ünitesi

Yayıncı Sertifika No

47518

Baskı ve Cilt

Bizim Dijital Matbaa

Bisac Code

TEC009100

DOI

10.37609/akya.750

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A

Yenişehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Hidrolik bilim dalı çok farklı uygulama alanlarıyla yaşadığımız çevrenin tasarımında önemli rol oynamaktadır. Kurulacak ve işletilecek bir hidrolik sistemin amacı değişmekle beraber, tasarımında kullanılacak matematiksel ve fiziksel prensipler aynıdır. Hidrolik bilim dalının uygulama alanlarından birisi olan köprü hidroliği, bu kitapta taşkınlardan korunma özelinde ele alınmıştır.

Köprü hidroliği ile ilgili çok sayıda kaynak olmasına rağmen bunların büyük çoğunluğu yabancı dilde yazılmıştır. Bu kitap inşaat mühendisliği lisans öğrencileri için hazırlanmış olup, lisansüstü eğitimi gören öğrencilerin de faydalana bileceği bir formatta hazırlanmıştır. Ayrıca inşaat firmalarında ve kurumlarda çalışan inşaat mühendisleri için de kaynak olarak kullanılabilir.

Okuyucu görüş ve önerileri bu kitaptaki eksikliklerin giderilmesine ve geliştirilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Bu kitabın öğrencilere ve araştırmacılara faydalı olmasını diliyorum.

Galip SEÇKİN

Aileme...

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Köprü Yapısı Etrafındaki Su Yüzü Profili Tesbiti Üzerine Yapılan Çalışmaların Tarihçesi	1
Köprü Ayakları Etrafındaki Oyulmaların Tesbiti Üzerine Yapılan Çalışmaların Tarihçesi	4

BÖLÜM 2

BİR KÖPRÜ YAPISI ETRAFINDA OLUŞABİLECEK AKIM TİPLERİ VE SU YÜZÜ PROFİLLERİ

Su Yüzü Profil Şekline Göre Sınıflandırma.....	7
Akım Özelliğine Göre Sınıflandırma.....	10
Üniform Akım.....	11
Üniform Akımda Eğim	11
Üniform Akımda Hız, Debi ve Konveyans Hesabı	13
Üniform Olmayan Akım	20
Özgül Enerji.....	20
Froude Sayısı ve Kritik Derinlik Kavramı.....	21
Froude Sayısı.....	21
Kritik Derinlik	23
Kritik Eğim	23
Akımın Boğulması	28
Boğulmanın Köprü Su Yüzü Profiline Etkisi	31
M1, M2 ve M3 profillerinin Belirlenmesi	35
Hidrolik Sıçrama	36
Eşlenik Derinlik.....	37
Doğrudan Adım Yöntemi.....	43
Doğrudan adım yöntemi ile M1 Profil Hesabı.....	44
Doğrudan adım yöntemi ile M3 Profil Hesabı.....	46
Mansap ve Memba Kontrollü Akımlar	49

BÖLÜM 3

BİR KÖPRÜ YAPISININ HİDROLİK PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Köprü Açıklık Oranı (M)	53
Froude Sayısı	54
Köprü Yaklaşım Dolgusu Uzunluğunun Köprü Alt Açıklığına Oranı (L/B)	55
Öprü Yaklaşım Dolgusu Köşe Şekli (R/B, W/B)	55
Köprü Yapısının Akım Yönüne Olan Açısı (Skewness).....	57
Köprü Ayak Şekli.....	57
Eksantirisite.....	58
Pürüzlülük	59

BÖLÜM 4

KÖPRÜLERDE ALÇAK AKIM HESAP YÖNTEMLERİ

HEC Enerji Yöntemi	62
HEC Yönteminde Konveyans Hesabı.....	63
Ortalama Kinetik Enerji Yüğü Hesabı.....	65
Sürtünme Kaybı Hesabı	67
Kesit Daralması veya Genişlemesinden Kaynaklanan Enerji Kaybı Hesabı	68
Kesit Yerlerinin Tesbiti.....	70
HEC Momentum Yöntemi.....	92
Yarnell Yöntemi	103
USGS Yöntemi	104
Debi hesabı.....	104
Maksimum kabarma miktarı (y^*) hesabı.....	123
USBPR Yöntemi.....	131
Maksimum kabarma miktarı (y^*) hesabı.....	132
Toplam Kabarma Katsayısı (K^*) Hesabı.....	135
HR Yöntemi	146
Biery ve Delleur Yöntemi	156
Seçkin Yöntemi.....	163
Seçkin-Haktanır-Knlght Yöntemi	167

BÖLÜM 5**KÖPRÜLERDE YÜKSEK AKIM HESAP YÖNTEMLERİ**

Köprülerde Bent Tipi Yüksek Akım Hesabı.....	173
Köprülerde Orifis Tipi Yüksek Akım Hesabı	177
Köprülerde Savak Tipi Yüksek Akım Hesabı	180

BÖLÜM 6**KÖPRÜLERDE OYULMA**

Oyulma Tipleri	188
Daralma Oyulması	188
Kritik Hız	190
Hareketli Yatak Daralma Oyulması	194
Temiz Su Daralma Oyulması	195
Lokal Oyulma	201
Orta ayaklar Etrafındaki Lokal Oyulma Hesabı.....	201
CSU Yöntemi	201
Froehlich Yöntemi	207
Kenar ayaklar Etrafındaki Lokal Oyulma Hesabı	207
HIRE Yöntemi	208
Froehlich Yöntemi	210
EK-1	211
EK-2	217
Kaynaklar.....	229

KAYNAKLAR

- Ackers, P. (1991). Hydraulic design of straight compound channels, SR Report SR 281, HR Wallingford, October, Volumes: 1 and 2, 1-131 and 1-139.
- Afflux Advisor (AA). (2007). AA User Guide. Defra/Environment Agency, FCERM Joint Science Programme, SC030218/PR, JBA Consulting, UK.
- Afflux Estimation System (AES). (2007). AES User Guide. Defra/Environment Agency, FCERM Joint Science Programme, SC030218/PR, JBA Consulting, UK.
- Akan O. (2006). Open Channel Hydraulics, Elsevier, 364 p.
- Austroroads (2018). Guide to bridge technology, Part 8: Hydraulic Design of Waterway Structures, prepared by Hanson Ngo, Sydney, Australia.
- Biery, P.F. and Delleur, J.W. (1962). Hydraulics of single span arch bridge constrictions, ASCE, Journal of Hydraulics Division, Volume:88, pp. 75-108.
- Blalock, M.E. and Sturm, T.W. (1981), Minimum Specific Energy in Compound Channel, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 107, pp. 699-717.
- Blalock, M.E. and Sturm, T.W. (1983), Closure of Minimum Specific Energy in Compound Channel, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 109, pp. 483-486
- Blalock, M.E. and Sturm, T.W. (1981), Minimum Specific Energy in Compound Channel, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 107, pp. 699-717.
- Blalock, M.E. and Sturm, T.W. (1983), Closure of Minimum Specific Energy in Compound Channel, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 109, pp. 483-486.
- Bradley, J.N. (1978). Hydraulics of bridge waterways: hydraulic design. Series no. 1. 2nd ed. Office of Engineering, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Breusers, H.N.C., Nicollet, G., Shen, H.W. (1977). Local scour around cylindrical piers. Journal of Hydraulic Research, IAHR, 15(3), pp. 211-252.
- Briaud J.L., Ting, F.C., Chen, H.C. (1999). SRICOS: prediction of scour rate in cohesive soils at bridge piers. J Geotech Geoenviron Eng. 125(4):237-246
- Briaud, J.L. (2008). Case histories in soil and rock erosion: Woodrow Wilson bridge, Brazos River Meander, Normandy Cliffs, and New Orleans Levees. J Geotech. Geoenviron. Eng. 134(10):pp. 1425-1447.
- Brown, P.M. (1985). Hydraulics of bridge waterways: Interium Report. Report SR 60, HR Wallingford, UK.
- Brown, P.M. (1987). Afflux at arch bridges: second interium report. Report SR 115, HR Wallingford, UK.

- Brown, P.M. (1988). Afflux at arch bridges, Report SR 182. HR Wallingford, UK.
- Brunner, G.W. and Hunt, J.H. (1995) A Comparison of the one Dimensional Bridge Hydraulic Routines from HEC-RAS, HEC-2 and WSPRO. Hydrologic Engineering Center/US Army Corps of Engineers, Davis, CA, Research Document RD-41.
- Carstens, M.R. (1966). Similarity Laws for localized scour. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 92(HY3), 13-36.
- Copp, H.D. and Johnson, J.P. (1987). Riverbed scour at bridge piers. Final Report WA-RD 118.1, Washington State Department of Transportation, Olympia, WA.
- Chow, V.T. (1959). Open-Channel Hydraulics, McGRAW-HILL Book Company, 680 pages.
- d'Aubuisson de Voisins, J.F. (1840). Traité d'hydraulique (Treatise on Hydraulics), 2nd edn, Plois, Levraut et Cie, Paris.
- Erduran, K.S., Seçkin, G., Kocaman, S. and Atabay, S. (2012). 3D numerical modeling of flow around skewed bridge crossing. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Volume:6(3), pp. 475-489.
- Froehlich, D.C. (1988). Analysis of on-site measurements of scour at piers. In: Proceedings of the ASCE National Hydraulic Engineering Conference, Colorado Springs, Colorado, pp. 534-539, New York, NY.
- Gill, M.A. (1970). Bed erosion around obstructions in rivers. PhD Thesis. London University, UK.
- Günyaktı, A. (1988). Köprü ayakları etrafında oyulma derinliğinin grafik yöntemle tayini. Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, TÜBİTAK, 12(1), 96-108.
- Hamill, L. (1993). A guide to the hydraulic analysis of single-span arch bridges. Proc Inst Civil Eng, Municipal Engr; Volume:1, pp. 1-11.
- Hamill, L. (2004). Bridge Hydraulics, E&FN Spon, London, UK, 367 pages.
- Hancu, S. (1971). Sur le calcul des affouillements locaux dans la zone des piles de ponts. Proceedings 14th IAHR Congress, 3:299-313.
- HEC-II. Water surface profiles user's manual. (1991). Hydrologic Engineering Center (HEC), U.S. Army Corps of Engineers, Davis, Calif.
- HEC-RAS River analysis system (2016). Hydraulic Reference Manual, Version 5.0., Beta, Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers, Davis, Calif.
- Henderson FM. (1966). Open Channel Flow, Macmilan Publishing Co. Inc., 522 pages.
- Hunt JH, Brunner GW, Larock BE. (1999). Flow transitions in bridge backwater analysis. ASCE Journal of Hydraulic Engineering; 125(9): pp.981-983.
- ISIS Flow user manuel. (2002). Sir William Hallcrow & Partners and HR Wallingford Ltd., Wallingford, UK.
- Izzard, C.F. (1955). Discussion on "Backwater Effects of Open Channel Constrictions" by Tracy and Carter, Transactions, ASCE, Volume: 120, pp. 1008-1013.

- Jain, S.C., Fischer, E.E., (1979). Scour around bridge piers at high Froude numbers. Report no. FHWA-RD-79-104, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- Jain, S.C., Fischer, E.E., (1980). Scour around bridge piers at high flow velocities. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 106(HY11), 1827-1842.
- Johnson, P.A. (1992). Reliability-based pier scour engineering. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 118(10), 1344-1358.
- Kaatz, K.J. and James, W.P. (1997). Analysis of alternatives for computing backwater at bridges. ASCE Journal of Hydraulic Engineering; 123(9): pp. 784-792.
- Kırkgöz MS. Akışkanlar Mekaniği, Birsen Yayınevi, 2013.
- Kindsvater, C.E., Carter, R.W., and Tracy, H.J. (1953). Computation of peak discharge at contractions. US Geological Survey, Circular No: 284, p. 35.
- Kocaman, S. Seçkin, G. and Erduran, K.S. (2010). 3D model for prediction of flow profiles around bridges. Journal of Hydraulic Research. Volume: 48(4), pp. 521-525.
- Laursen, E.M. (1958). Scour at bridge Crossings. IOWA Highway Research Board, Iowa, US.
- Laursen, E.M. (1960). Scour at bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 86(2), 39-54.
- Laursen, E.M. (1963). An analysis of relief bridge scour. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 89(HY3), 93-118.
- Laursen, E.M. (1970). Bridge backwater in wide valleys. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 96(HY4), pp. 1019-1038.
- Laursen, E.M. (1980). Predicting scour at bridge piers and abutments: A study to advance the methodology of assessing the vulnerability of bridges to floods. Gen. report No:3, Arizona Department of Transportation, US.
- Laursen, E.M. (1984). Assessing vulnerability of bridges to floods, in Transportation Research Record 950, Second Bridge Engineering Conference, Vol. 2, Transportation Research Board/National Research Council, Washington DC, pp. 222-229.
- Liu, H.K., Bradley, J.N., and Plate, E.J. (1957). Backwater effects of piers and abutments. Colorado State University, Civil Engr. Dept., Report CER57 HKL10.
- Lim, S.Y. (1997). Equilibrium clear water scour around an abutment. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 123(3), 237-243.
- Matthai, H.F. (1967). Measurement of peak discharge at width contractions by indirect methods. Techniques of Water Resource Investigations of the USGS, Chapter A4.
- Melville, B.W. (1992). Local scour at bridge abutments. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 118(4), 615-630.
- Melville, B.W. (1997). Pier and abutment scour: Integrated approach. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 123(2), 125-136.
- Melville, B.W. and Coleman, S.E. (2000). Bridge scour. Water Resources Publications, LLC, Colorado, US.

- Nagler, F.A. (1918) Obstruction of bridge piers to the flow of water. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 82, 334–395.
- Neill, C.R. (1968). Note on initial movement of coarse uniform bed material. Journal of Hydraulics Research, 17(2), 247-249.
- Neill, C.R. (1973). Guide to bridge hydraulics. Roads and Transportation Association of Canada/University of Toronto press, Toronto.
- Neely, B.L. (1966). Hydraulic performance of bridges, hydraulic efficiency of bridges—Analysis of field data. Unpublished Report Conducted by U.S. Geological Survey, June 30.
- Ranga Raju, K.G., Asava, G.L., Rana, O.P.S., Pillai, A.S.N. (1983). Rational assessment of blockage effect in channel flow past smooth circular cylinders. Journal of Hydraulic Research;21(4): pp. 289-302.
- Richardson, E.V. and Davis, S.R. (1995). Evaluating scour at bridges. Report no. FHWA-IP-90-017, Hydraulic engineering circular no. 18 (HEC-18), HTA-22, Federal Highway Administration, US Department of transportation, Washington, DC, US..
- Richardson, E.V. and Davis, S.R. (2001). Evaluating scour at bridges. Hydraulic engineering circular no. 18 (HEC-18), Report no. FHWA: NHI 01-001, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- Schneider, V.R., Board, J.W., Colson, B.E., Lee, F.N. and Druffel, J. (1977). Computation of backwater and discharge at width constrictions of heavily vegetated flood plains. U.S. Geological Survey, WRI, 76-129.
- Seçkin G, Yurtal R, Haktanir T. (1998). Contraction and expansion losses through bridge constrictions. ASCE J Hydraul Eng;124(5): 546-549.
- Seçkin G. (2001). Akarsular Üzerindeki farklı tipteki köprü yapılarının oluşturduğu kablarmaların teorik ve deneysel analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Seçkin, G. (2004). A simple formula for estimating backwater at bridge constrictions. Canadian Journal of Civil Engineering, Volume (31), pp. 561-568.
- Seçkin, G. (2004). A comparison of one-dimensional methods for estimating discharge capacity of straight compound channels. Canadian Journal of Civil Engineering, Volume (31:4), pp. 619-631.
- Seçkin, G., Knight, D. W., Atabay, S. and Seçkin, N. (2004). “Bridge afflux experiments in compound channels” Technical paper presented for JBA Consulting Engineers & Scientists and the Environment Agency.
- Seçkin, G., Atabay, S. (2005). Experimental backwater analysis through bridge waterways. Canadian Journal of Civil Engineering, Volume:32, pp. 1015-1029.
- Seçkin, G. (2007). The effect of skewness on bridge backwater prediction. Canadian Journal of Civil Engineering, Volume 34(10), pp. 1371-1374.
- Seçkin, G., Haktanir, T., Knight, D.W. (2007). A simple method for estimating flood flow around bridges. Water Management, Volume (4): pp. 195-202.

- Seçkin, G., Knight, D.W., Atabay, S., Seçkin, N. (2008). The effect of Froude number on the initial assessment of bridge afflux, *Water Management*, Volume (161:5): pp. 253-260.
- Shearman, J.O. (1990). User's manual for WSPRO-A computer model for water surface profile computations: US Department of Transportation Publication No. FHWA-IP-89-027 Hydraulic Computer Program HY-7, 177 p.
- Shiono, K., and Knight, D.W. (1990). Mathematical Models of flow in two or multi stage straight channels. In: *Proceedings of international conference on river flood hydraulics*, Wiley, New York, pp. 229-238.
- Sturm, T.W. (1999). Abutment scour studies for compound channels. Department of Transportation, Federal Highway Administration, US.
- Sturm, T.W., Sotiropoulos, F., Landers, M. (2004). Laboratory and 3D numerical modeling with field monitoring of regional bridge scour in Georgia. Final report, GA-DOT research report no. FHWAGA-04-2002
- Sumer, M., Ünsal, İ., Bayazit, M. (2007). Hidrolik, İTÜ İnşaat Fakültesi, Birsen yayınevi.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2017). Taşkın Yönetimi.
- Tracy, H.J. and Carter, R.W. (1955). Backwater effects of open channel constrictions. *Transactions, ASCE*, Volume:120, pp. 993-1005.
- Yarnell, D.L. (1934). Bridge piers as channel obstructions. U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C., Report 442, p.25.
- Vanoni, V.A. (ed) (1975) *Sedimentation engineering*. ASCE-manuals and reports on engineering practice-no 54. ASCE, New York.
- Yanmaz, A.M. (1989). Time-dependent analysis of clear water scour around bridge piers. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Yanmaz, A.M. ve Altınbilek, H.D. (1991). Study of time-dependent local scour around bridge piers. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 117(10), 1247-1268.
- Yanmaz, A.M. ve Coşkun, F. (1995). Hydrological aspects of bridge design: Case study, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, 121(6), 411-418.
- Yanmaz, A.M. (2000). Overtopping risk assessment in river diversion facility design. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 27, 319-326.
- Yanmaz, A.M. (2001). Uncertainty of local scouring parameters around bridge piers. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25(2), 127-137.
- Yanmaz, A.M. ve Çiçekdağ, Ö. (2001). Composite reliability model for local scour around cylindrical bridge piers. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 28(3), 520-535.
- Yanmaz, A.M. ve Üstün, İ. (2001). Generalized reliability model for local scour around bridge piers of various shapes. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25(6), 687-698.

- Yanmaz, AM.(2002). Köprü Hidroliği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayınları, 384 sayfa.
- Wang, C., Yu, X., and Liang, F. (2017). A review of bridge scour: mechanism, estimation, monitoring and countermeasures. *Natural Hazards*, pages 1881–1906.
- White, C.M. (1940). The equilibrium of grains on the bed of a stream. *Proc. R. Soc. Lond. Ser: A* 174 (958):322–338.